

УДК 664-49

Н. В. КОНДРАТЮК, Т. М. СТЕПАНОВА, В. Г. БУРАК, М. В. МАЛЕЦЬКИЙ**ОПТИМІЗАЦІЯ БАЗОВОЇ РЕЦЕПТУРИ ЖЕЛЕ ПЛОДОВО-ЯГІДНОГО НА ОСНОВІ УРОНАТНОГО ПОЛІСАХАРИДУ ТА СУХИХ КОНЦЕНТРАТІВ СОКІВ**

У статті описані харчові системи на основі пектину низькоестерифікованого амідованого. Даний полісахарид є не тільки харчовим волокном, що покращує рівень засвоєння глюкози та виводить токсини з організму, але й речовиною, що має потенціал до реалізації процесу іонотропного гелеутворення, у результаті якого формується консистенція готового виробу за рахунок утворення гелю кальцій галактуронату. В основу матеріалів статті покладено оптимізацію базової рецептури желе плодово-ягідних на основі сухих концентратів соків, як низькокалорійної харчової продукції оздоровчого спрямування. Проведена оптимізація рецептури желе плодово-ягідного засобами моделювання у програмі Excel методом лінійної регресії. Результати дозволили встановити раціональне співвідношення рецептурних компонентів у готовому продукті. Розроблений виріб має високі органолептичні та фізико-хімічні показники, стійку форму за рахунок задовільних показників міцності драгля. За матеріалами статті доведено доцільність використання методів оптимального планування експерименту для розробки рецептури желе плодово-ягідного на основі сухих концентратів соків з НЖСС. Описані наукові результати, що дозволяють визначити доцільність розробки технології желе плодово-ягідного на основі уронатного полісахариду – пектину низькоестерифікованого амідованого з використанням сухих концентратів соків. Приведена детальна процедура створення конкретного технологічного рішення з виробництва желе плодово-ягідних на основі уронатного полісахариду.

Ключові слова: оптимізація, математичне моделювання, уронатні полісахариди, пектин, десерти, іонотропне гелеутворення, сухі концентрати соків.

Н. В. КОНДРАТЮК, Т. М. СТЕПАНОВА, В. Г. БУРАК, М. В. МАЛЕЦЬКИЙ**ОПТИМІЗАЦИЯ БАЗОВОЙ РЕЦЕПТУРЫ ЖЕЛЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО НА ОСНОВЕ УРОНАТНОГО ПОЛИСАХАРИДА И СУХИХ КОНЦЕНТРАТОВ СОКОВ**

В статье описаны пищевые системы на основе пектина низкоэтерифицированного амидированного. Данный полисахарид является не только пищевым волокном, улучшающим уровень усвояемости глюкозы и выводящим токсины из организма, но и веществом, имеющим потенциал для реализации процесса ионотропного гелеобразования, в результате которого формируется консистенция готового изделия за счёт образования геля кальций галактуроната. В основу материалов статьи положена оптимизация базовой рецептуры желе плодово-ягодных на основе сухих концентратов соков, как низкокалорийной пищевой продукции оздоровительного направления. Проведена оптимизация рецептуры желе плодово-ягодного средствами моделирования в программе Excel методом линейной регрессии. Результаты позволили установить рациональное соотношение рецептурных компонентов в готовом продукте. Разработанное изделие имеет высокие органолептические и физико-химические показатели, устойчивую форму за счёт удовлетворительных показателей прочности желе. По материалам статьи доказана целесообразность использования методов оптимального планирования эксперимента для разработки рецептуры желе плодово-ягодного на основе сухих концентратов соков из ПЖСС. Описанные научные результаты, позволяющие определить целесообразность разработки технологии желе плодово-ягодного на основе уронатного полисахарида - пектина низкоэтерифицированного амидированного с использованием сухих концентратов соков. Приведена подробная процедура создания конкретного технологического решения по производству желе плодово-ягодных на основе уронатного полисахарида.

Ключевые слова: оптимизация, математическое моделирование, уронатные полисахариды, пектин, десерты, ионотропное гелеобразование, сухие концентраты соков.

N. V.KONDRATJUK, T. M. STEPANOVA, V. G. BURAK, M. V. MALETSKY**OPTIMIZATION OF BASIC COMPOSITION OF THE FRUIT-BERRY JELLY WITH URONATE POLYSACCHARIDE AND JUICE DRIED CONCENTRATES**

Today are gaining popularity jelly-like products on the basis of uronate polysaccharides (pectin and sodium alginate). Development of jelly with dietary fiber is actually today (functional ingredients is low-esterified amidated pectin). Development is carried out for industrial production jelly-like semi-finished sweet products. Low-esterified amidated pectin is increases the level of glucose assimilation. The process of ionotropic gelling which basic on calcium galacturonate gives the product the necessary consistency in result. The article based on optimization of the recipe of fruit-berry jellies with powdered juices. The investigated product can be considered the health food. Optimization of jelly recipe was made with linear regression method in MS Office Excel. The results allowed establishing the optimal ratio recipe's components. The product has high organoleptic indices, stable shape due to high jelly density. The expediency of using optimal-planned method of experience was proved for development recipe fruit-berry jelly. The optimal ratio components are proposed for making industrial examples of fruit-berry jelly with jelly-like semi-finished sweet products. Recommended part of product is 17...24%. It is depend of pH. The expediency development technology for making fruit-berry jelly with use low-esterified amidated pectin is proved by the results of work. The process of creating a technological decide for making fruit-berry jelly which based on uronate polysaccharide is described in detail.

Key words: optimization, mathematical modeling, uronate polysaccharides, pectin, desserts, ionotropic gelling, powdered juice.

Вступ. Сучасні темпи життя багатьох людей передбачають зниження фізичних навантажень і, як наслідок, зменшення потреби у висококалорійних продуктах. Однак разом з цим виникає нова проблема – скорочення споживання мікронутрієнтів. Все це вказує на необхідність створення таких продуктів, які б мали низьку калорійність і одночасно високу харчову цінність. На сьогоднішній день, серед продуктів, що мають вищезокреслені функції, особливої уваги заслуговують солодкі

страви (десерти), які користуються значною популярністю серед споживачів. Зокрема це десерти з желеподібною структурою.

Сучасний асортимент цієї групи страв потребує розширення за рахунок включення до їх складу більш корисних інгредієнтів. Основними складовими солодких страв є цукор і крохмаль, які мають певні обмеження серед населення, оскільки пригнічують

© Кондратюк Н.В., Степанова Т.М., Бурак В.Г., Малецький М.В., 2018

виділення шлункового соку та посилюють секреторну активність підшлункової залози. Під час вживання очищених (рафінованих) вуглеводів, в організмі утворюються жири, що можуть призвести до порушення обміну речовин та спричинити ожиріння. Тому, обираються різноманітні шляхи та створюються нові рецептури цієї групи продукції за рахунок використання нетрадиційної сировини, наприклад, нових видів гелеутворювачів та композицій; цукрозамінників або підсолоджувачів, концентратів соків або сухих плодово-ягідних порошків тощо.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Накопичено певний досвід дослідження проблеми розробки технології та формування основних показників якості солодких страв на основі плодово-ягідної сировини. Розроблено спосіб виробництва желе на основі водного відвару (1:30) липового цвіту, стабілізованого фруктовим пектином із додаванням натурального квіткового поліфлюорного меду, нагрітого упродовж $(10-15) \times 60^2$ с до температури 42 °C [1]. Запропоновано технологію желейного продукту з антимулагенними властивостями, що містить фруктово-ягідну складову, цукор та лактат натрію. В якості фруктово-ягідного компоненту використано сік із м'якоттю плодів лікарських рослин, зокрема калини, актиніди, хеномелесу, обліпихи, лимонника, дерену, бузини та яблучний пектиновий концентрат [2].

Дослідниками [3] представлено спосіб одержання желе з використанням відвару плодово-ягідної сировини із додаванням цукру або 0,2%-го розчину сахарину, розчину лимонної кислоти, яблучного пектину низькоетерифікованого, як гелеутворювача, а також насиченого розчину кальцію хлориду. Технологія, що існує, має певні обмеження, тому що застосування сахарину не надає можливості використовувати цю продукцію для деяких верств населення через певну неприйнятність окремими споживачами даної складової.

Автори [4] наводять технологію одержання желе на основі більш дешевої вітчизняної сировини – рідкого пектинового яблучного концентрату. Такий спосіб дозволяє зменшити кількість технологічних стадій (перемішування сухого желатину у воді з цукром-піском, експозиція, набрякання, розчинення), значно зменшує енерговитрати, сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу. Проте останнім часом прослідковується тенденція до збоїв у постачанні пектиново-яблучного концентрату через його відсутність на ринку України.

У роботі [5] наведено опис технології желе на основі пектину і морквяного соку. Продукт містить велику кількість природних каротиноїдів. Проте в описі відсутня інформація про органолептичні властивості готового продукту.

Подальший пошук інформації з розширення асортименту солодких страв із желеподібною

структурою, у тому числі на основі пектину, призвів до результатів досліджень, описаних у роботах [6–10]. У роботі [6] пропонується спосіб виробництва желейного продукту на основі яблучно-пектинового концентрату з додаванням пюре з плодів калини, актинії, хеномелісу, обліпихи, лимоннику, дерну, бузини, що мають лікувальні властивості. Розробники звертають увагу на те, що антимулагенні властивості пектину стануть гарним доповненням до комплексу антоціанів, фенольних сполук та інших біологічно активних речовин, що містяться в корисних ягодах. Із опису іншого способу виробництва продукту на основі натуральних соків та пюре з ягід і овочів [7] стало відомо про можливість використання обліпихи, журавлини та жимолості, а також м'якоті гарбуза та столового буряку для одержання продуктів із желейною пектиновою основою. Варто відзначити поліфункціональність цих продуктів для організму людини, але також слід наголосити на тому, що сировинна база розробок характеризується сезонністю та може негативно відобразитись на економічній ефективності технології та собівартості готового продукту.

Автори [8] запропонували харчову композицію – гель на основі пектину низькоетерифікованого амідованого (ПНЕА), що утворився в ході хімічної реакції з іонами кальцію. Композиція достатньо стійка до синерезису, не перевантажена вмістом простих цукрів, що вказує на статус низькокалорійного продукту. Однак, слід відмітити, що в описі недостатньо охарактеризована особливість взаємодії рецептурних компонентів та умови протікання реакції структуроутворення.

У роботі [11] було описано технологію приготування низькокалорійних желе, у яких молочна основа була замінена на сироватковий ізолят та/або соєвий білок, цукор був замінений на фруктозу, а желатин – на желуючі полісахариди або суміші: альгінат, пектин, ксантан, гуарову камедь. У розроблених желе були визначені терміни зберігання та органолептичні показники. Результати роботи вказують на можливість формування міцних драглів на основі полісахаридів, проте текстурні характеристики кардинально відрізняються від аналогів на желатині і є не зовсім звичними для споживачів.

Автори [12] зробили спробу відтворити консистенцію желатинового гелю на гелі з пектинів, замінивши частину гелеутворювача на карагенан і гідроксипропілметилцеллюлозу. Нові продукти мали більш м'яку, але пружну консистенцію.

Дослідниками [13] було вивчено вплив пектину низькоетерифікованого амідованого на текстуру молочного десерту, до складу якого входять крохмаль та карагенан. За результатами лазерної скануючої мікроскопії було встановлено динаміку зміцнення гелю та адгезії за умов збільшення концентрації пектину. Висловлено прогноз про розташування водневих зв'язків між амідними групами білків та пектину. Дані дослідження, у питаннях

вивчення структури гелів, мають більш прогнозований характер.

Таким чином, виходячи з результатів аналізу інформаційних джерел, можна зробити висновок, що пошук технологічних рішень у напрямі створення солодких страв з гелеподібною структурою, враховуючи додаткові компоненти, що підвищують харчову та біологічну цінність готових виробів ведеться дуже активно. Однак ці роботи базуються на проведенні тривалих, складних та коштовних експериментальних досліджень із підбору рецептурних компонентів та визначення якості готових виробів. Такі дослідження можуть бути удосконалені шляхом оптимізації рецептурних компонентів з урахуванням технологічних факторів та ключових параметрів встановлення якості готового продукту. Для цього нами було використано методи оптимального планування експерименту, які у подальшому дозволили використовувати математичний апарат не тільки на стадії обробки результатів вимірювань, але й під час підготовки та проведенні досліджень, що значно скоротило витрати часу та матеріально-технічних засобів на виконання дослідницьких робіт [14]. Використаний підхід дозволяє вирішити ряд проблем, пов'язаних зі створенням продукції, що має поліфункціональні властивості, оскільки дозволяє врахувати одночасно кілька факторів змінних (концентрація речовин, кислотність, тиск, температура тощо) і кілька критеріїв, що характеризують якість, наприклад, органолептичні або реологічні показники (міцність драглів, вологоутримуюча здатність, пружність тощо). На основі вищенаведеного можна сказати, що інновації у технології солодких страв із желеподібною структурою, у тому числі на плодово-ягідній сировині з використанням пектину, є доцільними. А математичне моделювання є необхідним для уточнення складу рецептурної суміші або технологічних параметрів, від яких залежить ступінь використання обладнання. Такий підхід, у свою чергу, диктує необхідність створення інформаційного поля для науково-технічної творчості в межах розробки сучасних технологій желевної продукції.

Мета та завдання досліджень.

Мета представлених досліджень полягала у математичному моделюванні рецептур желе плодово-ягідних з напівфабрикатом желуючим, що містить пектин низькоетерифікований амідований та концентрати сухих соків, а також встановленні найбільш ефективного впливу НЖСС на структурно-механічні показники готових виробів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- визначення структурно-механічних характеристик готової продукції;
- оптимізація рецептури желе плодово-ягідного на основі композиції уронатного полісахариду з сухими концентратами соків.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Дослідження проводили з використанням уронатного полісахариду – пектину низькоетерифікованого амідованого (ПНЕА) «NECJ-A1». Напівфабрикат желуючий для солодких страв (НЖСС), одержували із використанням функціональної желеподібною системи за участі ПНЕА та іонів кальцію. Зразки, що підлягали випробуванню, наведено на рис. 1.



Рис. 1 – Зразки желе плодово-ягідного для випробування

Доповненням до розвитку і підтримки мережі Сучасний асортимент цієї групи страв потребує розширення за рахунок включення до їх складу більш корисних інгредієнтів. Основними складовими солодких страв є цукор і крохмаль, які мають певні обмеження серед населення, оскільки пригнічують виділення шлункового соку та посилюють секреторну активність підшлункової залози. Під час вживання очищених (рафінованих) вуглеводів, в організмі утворюються жири, що можуть призвести до порушення обміну речовин та спричинити ожиріння. Тому, обираються різноманітні шляхи та створюються нові рецептури цієї групи продукції за рахунок використання нетрадиційної сировини, наприклад, нових видів желеутворювачів та композицій; цукрозамінників або підсолоджувачів, концентратів соків або сухих плодово-ягідних порошоків тощо. Дослідження структурно-механічних властивостей, а саме міцності гелів зразків желе визначали за допомогою приладу Валента. Структурно-механічні властивості, у свою чергу, описують такий важливий показник желеподібних страв, як консистенція. Оскільки консистенція забезпечує швидкий контроль готового виробу, вказуючи на відповідність або навпаки, відхилення від оптимального значення, то слід враховувати, що зміна показників консистенції під впливом різних рецептурних компонентів частіше за все відбувається дискретно. За допомогою математичного моделювання можна вирішити такі задачі, оскільки в його основі знаходиться спосіб побудови залежності впливу визначаючих факторів на параметр оптимізації.

Проектування модельних систем проводилось із врахуванням раціональних концентрацій внесених компонентів, їх впливу на якість, споживчу оцінку та технологічні характеристики готової продукції. Пошук оптимуму умов протікання процесу було здійснено за допомогою регресійного аналізу (лінійного), який дозволяє максимально точно відобразити параметричну залежність від факторів, що змінюються [15].

Методика визначення показників властивостей зразків. Міцність гелів у зразках желе плодово-ягідних здійснювали за методом Валента. Випробуваний зразок піддавали руйнуванню дією навантаження. Міцність (Р) визначалась вимірюванням навантаження на одиницю площі, необхідної для занурення стрижня з відомою площею поперечного перерізу в досліджуваний желеподібний продукт на задану глибину.

Плодово-ягідна сировина, завдяки вмісту легкозасвоюваних вуглеводів, вітамінів, мікронутрієнтів, органічних кислот, поліфенолів, фітонцидів, антиоксидантів, є досить цінною для людини [16, 17]. Серед широкого спектру біологічно-активних речовин плодово-ягідної сировини особливе місце належить вітаміну С (аскорбіновій кислоті). Відомо, що аскорбінова кислота має здатність відновлювати клітини внутрішніх органів,

ясен, кровоносних судин, кісток та зубів, сприяє засвоєнню організмом заліза та прискорює одужання, зміцнюючи імунітет.

Незважаючи на вміст цього компоненту в описаній плодово-ягідній сировині, слід урахувати смакові вподобання споживачів, адже досить багата на вітамін С сировина не завжди користується бажаним попитом серед населення. Тому досить важливим є використання саме тієї основи, що не лише матиме багатий вітамінно-мінеральний склад, але й прогнозовано стане популярною для широкого кола споживачів.

З метою максимального збереження вітамінів плодово-ягідну сировину рекомендується споживати як в натуральному виді, так і у вигляді концентратів, наприклад сокових.

Застосування в технології желе плодово-ягідного на основі НЖСС та сухих концентратів соків має низку переваг, зокрема невибагливість під час зберігання та транспортування [18].

Серія проведених досліджень показала, що використання НЖСС та сухих концентратів соків у складі рецептурної суміші для виробництва желе дозволить отримати продукт зі щільною, пружною і одночасно м'якою консистенцією. Для проведення експерименту виготовляли зразки за рецептурою, наведеною у табл. 1.

Таблиця 1 – Рецептурний склад желе плодово-ягідного з НЖСС та сухими концентратами соків – «ПіК» апельсиновий, лимонний, вишневий

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг готового продукту, кг					
	Вишневий		Апельсиновий		Лимонний	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
НЖСС	x1	x'1	x2	x'2	x3	x'3
Сухий концентрат соку	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Вода питна підготовлена	95,63	95,63	95,63	95,63	95,63	95,63
Барвник «Кармін»	0,01	0,01	–	–	–	–
Барвник «Аннато»	–	–	0,01	0,01	–	–
Барвник «β-каротин»	–	–	–	–	0,01	0,01
Усього	–	95,77+ x'1	–	95,77+ x'1	–	95,77+ x'1
Вихід	–	100,00	–	100,00	–	100,00

Як видно з наведених рецептур, сталими величинами є концентрація барвника та концентрація сухого соку, оскільки кількість їх внесення рекомендована виробниками. Отже, можна варіювати тільки концентрацією НЖСС, як основним фактором, що впливає на якість готового виробу. Критерієм оцінки впливу масової частки НЖСС на якість готового виробу було обрано показник міцності (за Валентом) [19]. З цього виходить, що для математичного моделювання краще використати такий статистичний метод, як регресійний аналіз, який описує вплив одних значень (незалежних) на залежну перемінну (лінійна регресія).

Модель лінійної регресії має наступний вид:

$y = a + bx$, де a та b – коефіцієнти регресії, x – змінна.

У ході попередніх досліджень було виявлено, що деякі складові НЖСС, що відповідають за якість, знаходяться у конфлікті один з одним. Так, зразок желе із внесенням НЖСС 25% характеризується високим ступенем задоволення добової потреби у пектині, але має досить щільну консистенцію.

Одержані желе плодово-ягідні досліджувалися за структурно-механічними та органолептичними показниками. На рис. 2 показана залежність міцності гелів желе плодово-ягідного «ПіК» апельсиновий (1), вишневий (2) та лимонний (3) від вмісту НЖСС.

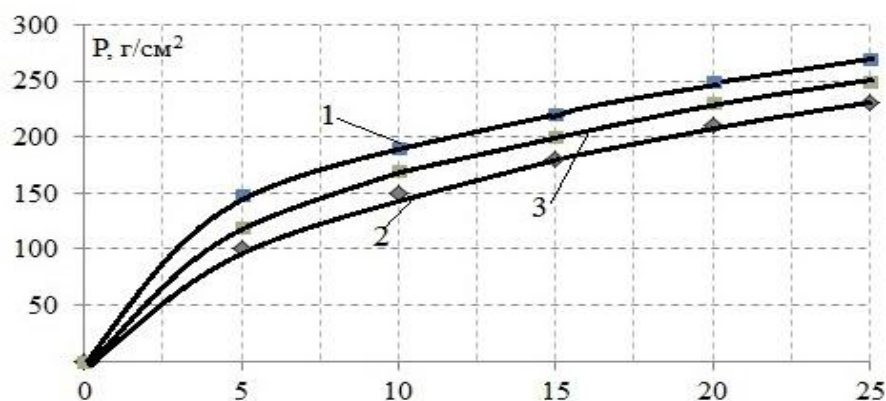


Рис. 1 Динаміка міцності (P) зразків желе плодово-ягідного «ПіК» апельсиновий (1), вишневий (2) та лимонний (3) від концентрації НЖСС-1, $W_{\text{нжсс}}$, %

З наведених даних можна зробити висновок, що зразки мають досить високі показники міцності гелів ($P = 210\text{--}250 \text{ г/см}^2$), що говорить про оптимальні для органолептичного сприймання структурні властивості. При цьому відмічається відсутність миттєвого синерезису. Рациональний діапазон концентрацій НЖСС припадає на значення 17–24 %.

Окремо досліджували (уточнювали) концентрацію. Для цього рецептуру желе плодово-ягідного було оптимізовано у програмі Excel за допомогою вбудованих функцій, за якими можна розрахувати параметри моделі лінійної регресії, та такими що містяться у надбудові «Пакет аналізу» (табл. 2).

Таблиця 2. Фактори та результати вимірювання

Зразок	Концентрація НЖСС, % (x)	Міцність зразків, г/см^2 (y)
«ПіК» апельсиновий	5	150
	10	180
	15	220
	20	250
	25	270
«ПіК» вишневий	5	100
	10	150
	15	180
	20	210
	25	230
«ПіК» лимонний	5	120
	10	175
	15	200
	20	235
	25	250

Як бачимо з таблиці 2, у показниках міцності є розбіжність. Вона відмічається тому, що концентрати сухих соків при розведенні водою у рекомендованій концентрації дають різні показники рН. Так, для апельсинового желе $\text{pH} = 3,7 \pm 0,1$; для вишневого – $3,4 \pm 0,1$; для лимонного – $2,8 \pm 0,1$. Усі показники знаходяться у межах допустимих значень, за яких протікає процес гелеутворення. Гель був сформований за рахунок реакції іонотропного гелеутворення між вільними іонами кальцію та низькомолекулярним пектином за умов знижених рН та у присутності сахарози, які складають рецептурну суміш НЖСС. Засобами квантово-хімічного моделювання було встановлено кількісні співвідношення залишків галактуронової кислоти та іонів кальцію, здатних взаємодіяти між собою з

утворенням міцних структур [20]. Вони складають 4:1. Тобто чотири галактуронові залишки можуть зв'язатися координаційним зв'язком одним іоном кальцію. Дані співвідношення дозволили встановити кількісний вміст рецептурних компонентів напівфабрикату желуючого для солодких страв, які здатні повністю прореагувати у харчовому середовищі, що розглядається, враховуючи додаткове внесення смако-ароматичних інгредієнтів у вигляді концентрованого сухого соку та барвників. Результати структурно-механічних вимірювань дозволяють констатувати той факт, що сахароза забезпечує систему гідроксильними групами, які стабілізують зону з'єднання та збільшують кількість водневих зв'язків для іммобілізації вільної вологи. За таких умов процес іонотропного гелеутворення

протікає повільно і зразки не мають тенденції до швидкого синерезису протягом вказаного терміну зберігання (реалізації). Метод лінійної регресії дозволяє описати залежність між незалежною

змінною x (концентрацією НЖСС) та очікуваним значенням y (міцністю зразків за Валентом) при заданому значенні x . Результати регресійного аналізу наведені у табл. 3-5.

Таблиця 3. Результати регресійного аналізу даних для зразка «ПіК» апельсиновий

Регресійна статистика		Дисперсійний аналіз						
Множинний R	0,994	Регресія	df	SS	MS	F	Значимість F	
R-квадрат	0,989		1	9610	9610	262,09		
Нормований R-квадрат	0,985	Залишок	3	110	36,67			
Стандартна помилка	6,055	Усього	4	9720				
Спостереження	5							
	Коефіцієнти	Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%	Нижні 95,0%	Верхні 95,0%
Y-перетин	121	6,35	19,053	0,00031	100,79	141,2	100,79	141,21
Змінна X1	6,2	0,383	16,19	0,00051	4,981	7,42	4,98	7,42

Таблиця 4. Результати регресійного аналізу даних для зразка «ПіК» вишневий

Регресійна статистика		Дисперсійний аналіз						
Множинний R	0,987	Регресія	df	SS	MS	F	Значимість F	
R-квадрат	0,973		1	10240	10240			
Нормований R-квадрат	0,965	Залишок	3	280				
Стандартна помилка	9,661	Усього	4	10520	93,33	109,71		
Спостереження	5							
	Коефіцієнти	Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%	Нижні 95,0%	Верхні 95,0%
Y-перетин	78	10,132	7,698	0,0045	45,754	110,25	45,754	110,25
Змінна X1	6,4	0,611	10,47	0,0019	4,456	8,345	4,456	8,34

Таблиця 5. Результати регресійного аналізу даних для зразка «ПіК» лимонний

Регресійна статистика		Дисперсійний аналіз						
Множинний R	0,98	Регресія	df	SS	MS	F	Значимість F	
R-квадрат	0,96		1	10240	10240			
Нормований R-квадрат	0,95	Залишок	3	430				
Стандартна помилка	11,97	Усього	4	10670	143,33	71,442		
Спостереження	5							
	Коефіцієнти	Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%	Нижні 95,0%	Верхні 95,0%
Y-перетин	100	12,557	7,964	0,0041	60,0395	139,96	60,04	139,96
Змінна X1	6,4	0,757	8,452	0,0035	3,9903	8,81	3,99	8,81

Отримані дані математичного моделювання (табл. 3-5) дозволили визначити такі статистичні дані, як R-квадрат та коефіцієнти. R-квадрат – це коефіцієнт детермінації, який вказує на скільки модель узгоджується з емпіричною інформацією, на підставі якої її побудовано. Для усіх трьох зразків, як бачимо, коефіцієнти детермінації дорівнюють: 0,988; 0,973; 0,960 відповідно. Це означає, що розрахункові параметри наведених моделей на 98,8; 97,3 та 96,0% пояснюють залежність між параметрами, що вивчаються. Найякіснішою можна вважати модель для зразка «ПіК» апельсиновий.

Коефіцієнти у-перетину, тобто коефіцієнти a у рівнянні регресії доводять, що значення y будуть дорівнювати 121; 78 та 100 відповідно до наведеного переліку зразків, якщо усі перемінні у розглянутих моделях дорівнюватимуть 0. Це означає, що на величину параметра, що аналізується, впливають й

інші фактори, такі, що не описуються у моделі. Такими можуть бути кислотність та кількість сахарози. Коефіцієнти b дорівнюють 6,2; 6,4 та 6,4 відповідно. Позитивні величини вказують на пряму залежність. Тобто, чим більший вміст НЖСС, тим міцніше система. Проте, криві на рис. 2 доводять, що така динаміка небезкінечна.

З наведених даних видно, що коефіцієнти при перемінних (P-значення) мають значення менше 0,05, тобто усі коефіцієнти мають вплив на залежну змінну. З урахуванням цього рівняння регресії для кожного з досліджуваних зразків мають вигляд:

Для зразків «ПіК» апельсиновий: $y = 121 + 6,2x$; вишневий: $y = 78 + 6,4x$; лимонний: $y = 100 + 6,4x$.

Наступним етапом інтерпретації результатів є встановлення достовірності за рівнем значення критерія Фішера (Значимість F). Усі значення

критерія Фішера значно менші показника 0,05, тобто усі моделі вважаються значимими.

Таблиця 6. Рецептурний склад желе плодово-ягідного з НЖСС та сухими концентратами соків - «ПіК» апельсиновий, лимонний, вишневий

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг готового продукту, кг					
	Вишневий		Апельсиновий		Лимонний	
	брутто	нетто	брутто	нетто	брутто	нетто
НЖСС	23,8	23,8	17,6	17,6	20,3	20,3
Сухий концентрат соку	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Вода питна підготовлена	95,63	95,63	95,63	95,63	95,63	95,63
Барвник «Кармін»	0,01	0,01	–	–	–	–
Барвник «Аннато»	–	–	0,01	0,01	–	–
Барвник «β-каротин»	–	–	–	–	0,01	0,01
Усього	–	119,57	–	113,37	–	116,07
Вихід	–	100,00	–	100,00	–	100,00

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, за результатами проведеного регресійного аналізу, враховуючи те, що зразки мають стійкість до синерезису та високі органолептичні властивості при міцності 230 г/см² за рівняннями регресії було визначено, що значення x_1 дорівнюють 17,6; 23,8 та 20,3 відповідно для зразків апельсинового, вишневого та лимонного.

Математичне моделювання дозволило скорегувати рецептури (табл. 6) від запропонованих раніше із сталою для усіх зразків величиною концентрації НЖСС – 17,6%. У випадку скорегованих рецептур враховується показник рН та кількість сахарози, за яких консистенція гелів є пружною та міцною і такою, що не піддається швидкому синерезису. При цьому втрачається необхідність проведення додаткових експериментів.

Аналіз органолептичних показників дозволив констатувати, що нова продукція здатна задовільнити попит широкого кола покупців, які прагнуть оздоровитися за рахунок споживання корисних харчових продуктів.

Описані дані дозволяють спрогнозувати розширення асортиментної лінійки солодких страв з використанням уронатних полісахаридів. Розробки желюваних систем планується проводити на основі молока та кисломолочних продуктів.

Список літератури

- Бондарчук Л. І. Пат. 17415, Україна. № 20060419. *Спосіб отримання медового желе «Тіліа» з імуномодельючими властивостями*. 2006.
- Крапівницька І. О. Пат. 34049, Україна. № 200802507. *Желейний продукт антимутагенний*. 2008.
- Перцевий Ф. В. Пат. 35721, Україна. № 200706815. *Спосіб отримання желе*. 2007.
- Крапівницька І. О. Пат. 71804, Україна. № 20031212552. *Спосіб отримання желе*. 2003.
- Бандуренко Г. М. Пат. 55071, Україна. № 201004332. *Морквяне желе*. 2014.
- Крапівницька І. О. Пат. 85803, Україна. № 200802506. *Желейний продукт*. 2008.
- Мацейчик І. В., Ломовський І. О., Корпачева С. М. Разработка технологии и рецептур желированных масс функционального назначения. *Вестник КрасГАУ*. 2014, № 7. С. 190–195.
- Тагерсен А. Б. Пат. 2385626, РФ. № 2007117731/1. *Гелеобразующий агент, включающий комбинацию пектинов, для низкокалорийных гелей*. 2005.
- Fraeye I., Colle I., Hendrix M. Influence of pectin structure on texture of pectin–calcium gels // *Innovative food science & emerging technologies*. 2010. V. 11, Iss. 2. P. 401–409.
- Capel F., Nicolai T., Langendorf V. Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxyl pectin // *Food Hydrocolloids*. 2006. V. 20. P. 901–907.
- Nepovinnikh N. V., Kliukina O. N., Ptichkina N. M. Hydrogel based dessert of low calorie content // *Food Hydrocolloids*, 2018. V. 76. P. 260–271.
- Balaghi S. Structural development of semi-solid dairy desserts influenced by hydrocolloids and temperature: Rheology and particle size distribution // *International Dairy Journal*. 2014. V. 39, Iss. 1. P. 184–192.
- Arltoft D. Relating the microstructure of pectin and carrageenan in dairy desserts to rheological and sensory characteristics. *Food Hydrocolloids*. 2008. V. 22, Iss. 4. P. 660–673.
- Міхнева Є. Г. Математичне моделювання рецептур продуктів із моллюсків // *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 3. С. 15–19.
- Семенов С. А. *Планирование эксперимента в химии и химической технологии*. Москва: ИПЦ МИТХТ, 2001. 193 с.
- Nile S. H. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health // *Nutrition*. 2014. V. 30, Iss. 2. P. 134–144.
- Shinwari K. J., Rao P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. V. 75. P. 181–193.
- Bhandari B. *Handbook of Food Powders. Processes and Properties*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2013. 682 p.
- Ларионова Е. И. Оптимизация рецептуры сахарного печенья с красной и черноплодной рябиной // *Ползуновский вестник*. 2017. № 2. С. 37–40.

20. Kondratjuk N. V. Quantum chemical modeling of uronate polysaccharides dimmers in the strategy of creating food biodegraded coating // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»*. 2017. № 41 (1263). С. 47–51.

References (transliterated)

1. Bondarchuk L. I. *Sposib otrymannja medovogo zhele «Tilia» z imunodeljujuchymy vlastyvostryjamy* [Method of production of the honey jelly “Tilia” having immunomodulating properties]. Patent Ukraine, no. 17415, 2006.
2. Krapyvnytska I. O. *Zhelejnyj produkt antymutagenyj* [Antimutagenic jelly product]. Patent Ukraine, no. 34049, 2008.
3. Pertsevii F.V. *Sposib otrymannja zhele* [Method for making jelly]. Patent Ukraine, no. 35721, 2008.
4. Krapyvnytska I. O. *Sposib otrymannja zhele* [Method for making jelly]. Patent Ukraine, no. 71804, 2003.
5. Bandurenko G.M. *Morkvjane zhele* [Carrot jelly]. Patent Ukraine, no. 55071, 2014.
6. Krapyvnytska, I. O. *Zhelejnyj produkt* [Jelly product]. Patent Ukraine, no. 85803, 2009.
7. Macejchuk I. V., Lomovskii I. O., Korpacheva S. M. *Razrabotka tehnologii i receptur zhelirovannyh mass funkcional'nogo naznachenija* [Development of gelled masses technologies and composition with functional purpose]. *Vestnik KrasGAU*. 2014, vol. 5, pp. 190–195.
8. Tagersen A. B. *Geleobrazujushhij agent, vkluchajushhij kombinaciju pektinov, dlja nizkokalorijnyh gelej* [Gelling agent including combination of pectins for low caloric gels]. Patent Russian Federation, no. 2385626, 2010.
9. Fraeye, I., Colle, I., Hendrix, M. Influence of pectin structure on texture of pectin–calcium gels. *Innovative food science & emerging technologies*. 2010, no. 11, pp. 401–409.
10. Capel F., Nicolai T., Langendorf V. Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxyl pectin. *Food Hydrocolloids*. 2006, no. 20, pp. 901–907.
11. Nepovinnykh N. V., Kliukina O. N., Ptichkina N. M. Hydrogel based dessert of low calorie content. *Food Hydrocolloids*. 2018, vol. 76, pp. 260–271.
12. Balaghi S. Structural development of semi-solid dairy desserts influenced by hydrocolloids and temperature. Rheology and particle size distribution. *International Dairy Journal*. 2014, vol. 39, pp. 184–192.
13. Arltoft D., Madsen F., Ipsen R. Relating the microstructure of pectin and carrageenan in dairy desserts to rheological and sensory characteristics. *Food Hydrocolloids*. 2008, vol. 22, pp. 660–673.
14. Mikhneva E. G. *Matematychno modeliuвання retseptur produktiv iz moliuskiv* [Mathematic modeling of composition of the food shellfish product]. *Prodovolcha industriia APK*. 2015, vol. 3, pp. 15–19.
15. Semenov S. A. *Planirovaniie eksperimenta v himii i himicheskoi tehnologii* [Planning of experiment in the chemistry and chemical technology]. Moscow, IPC MITHT, 2001. 193 p.
16. Nile S. H., Park S.W. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*. 2014, vol. 30, Iss. 2, pp. 134–144.
17. Shinwari K.J., Rao P.S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, vol. 75, pp. 181–193.
18. Bhandari B. *Handbook of Food Powders. Processes and Properties*. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2013. 682 p.
19. Larionova E. I. *Optimizatsiia retsepturi sahnogo pecheniia s krasnoi i chernoplodnoi riabinoi* [Optimization of composition of the sugar cake with red ashberry and chokeberry]. *Polzunovskii vestnik*. 2017, no. 2, pp. 37–40.
20. Kondratjuk N. V., Okovyty S. I., Pyvovarov Y. P. etc. Quantum chemical modeling of uronate polysaccharides dimmers in the strategy of creating food biodegraded coating // *Visnyk NTU "KhPI" [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]*. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2017, no. 41, pp. 47–51.

Надійшла (received) 23.05.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кондратюк Наталія Вячеславівна (Кондратюк Наталья Вячеславовна, Kondratjuk Natalia Vyacheslavovna) – кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри харчових технологій; м. Дніпро, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4578-9108>; e-mail: kondratjukn3105@gmail.com.

Степанова Тетяна Михайлівна (Степанова Татьяна Михайловна, Stepanova Tetiana Mikhailovna) – кандидат технічних наук, Сумський національний аграрний університет, доцент кафедри технології харчування; м. Суми, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9392-3773>; e-mail: eshkina97@gmail.com.

Бурак Валентина Геннадіївна (Бурак Валентина Геннадьевна, Burak Valentina Hennadiievna) – кандидат технічних наук, доцент, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», завідувач кафедри інженерії харчового виробництва; м. Херсон, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9085-9000>; e-mail: burak_v@ro.ru.

Малецький Максим Володимирович (Малецкий Максим Владимирович, Maletsky Maksim Vladimirovich) – студент 2-го курсу, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, кафедра харчових технологій; м. Дніпро, Україна; e-mail: maxsnake666@yandex.ua.